

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-146770

(43)Date of publication of application : 21.05.2003

(51)Int.Cl. C04B 37/00  
H01L 21/02  
H01L 21/68  
H05B 3/10  
H05B 3/74

(21)Application number : 2002-198924

(71)Applicant : IBIDEN CO LTD

(22)Date of filing : 08.07.2002

(72)Inventor : ITO YASUTAKA

(30)Priority

Priority number : 2001207601

Priority date : 09.07.2001

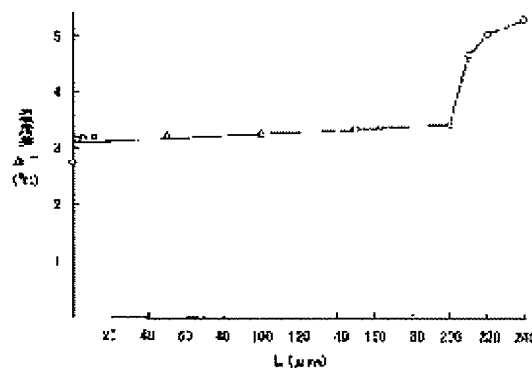
Priority country : JP

(54) CERAMIC JOINED BODY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ceramic joined body which does not give rise to thermal fatigue and has excellent hermeticity without the occurrence of cracks, etc., at a joint boundary between a ceramic body and a disk-shaped ceramic substrate even when temperature rising and temperature falling are repeated at the above boundary.

SOLUTION: The ceramic joined body which is a ceramic joined body formed by joining the ceramic body to the base surface of the disk-shaped ceramic substrate internally provided with a conductor, in which the center of a region encircled by the boundary between the ceramic body and the ceramic substrate or a region encircled by the boundary between the ceramic body and the ceramic substrate and the center of the base surface of the ceramic substrate are parted by 3 to 200  $\mu\text{m}$ .



(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開2003－146770

( P 2 0 0 3 － 1 4 6 7 7 0 A )

(43) 公開日 平成15年5月21日 (2003. 5. 21)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
C04B 37/00		C04B 37/00	Z 3K092
H01L 21/02		H01L 21/02	Z 4G026
21/68		21/68	R 5F031
H05B 3/10		H05B 3/10	C
3/74		3/74	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全19頁)			

(21) 出願番号 特願2002－198924 ( P 2002－198924 )  
(22) 出願日 平成14年7月8日 (2002. 7. 8)  
(31) 優先権主張番号 特願2001－207601 ( P 2001－207601 )  
(32) 優先日 平成13年7月9日 (2001. 7. 9)  
(33) 優先権主張国 日本 ( J P )

(71) 出願人 000000158  
イビデン株式会社  
岐阜県大垣市神田町2丁目1番地  
(72) 発明者 伊藤 康隆  
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1－1 イビデ  
ン株式会社内  
(74) 代理人 100086586  
弁理士 安富 康男

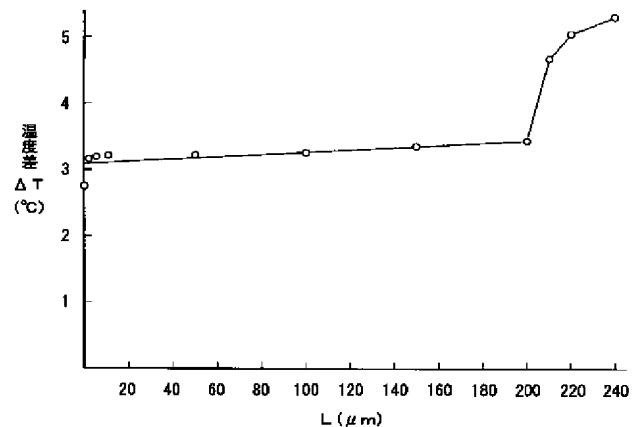
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミック接合体

(57) 【要約】

【課題】 セラミック体と円板状のセラミックとの接合界面において、昇温と降温とが繰り返された場合であっても、熱疲労が生じず、界面にクラック等が発生することがない気密性に優れたセラミック接合体を提供する。

【解決手段】 その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面に、セラミック体が接合されたセラミック接合体であって、前記セラミック体と前記セラミック基板との界面により包囲される領域または前記セラミック体と前記セラミック基板との界面により包囲される領域の中心と、前記セラミック基板の底面の中心とが、3～200  $\mu$ m離れていることを特徴とするセラミック接合体。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面に、セラミック体が接合されたセラミック接合体であって、前記セラミック体と前記セラミック基板との界面により包囲される領域または前記セラミック体と前記セラミック基板との界面により包囲される領域の中心と、前記セラミック基板の底面の中心とが、 $3 \sim 200 \mu\text{m}$  離れていることを特徴とするセラミック接合体。

【請求項 2】 その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面に、円筒形状の筒状セラミック体が接合されたセラミック接合体であって、前記筒状セラミック体と前記セラミック基板との界面により包囲される円の中心と、前記セラミック基板の底面の中心とが、 $3 \sim 200 \mu\text{m}$  離れていることを特徴とするセラミック接合体。

【請求項 3】 前記導電体は、発熱体であり、ホットプレートとして機能する請求項 1 または 2 に記載のセラミック接合体。

【請求項 4】 前記導電体は、静電電極であり、静電チャックとして機能する請求項 1 または 2 に記載のセラミック接合体。

【請求項 5】 前記セラミック基板は、直径  $250 \text{mm}$  以上である請求の範囲 1 ～ 4 のいずれか 1 に記載のセラミック接合体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ホットプレート（セラミックヒータ）、静電チャック、サセプタなどに用いられ、その内部に導電体が設けられたセラミック基板の底面にセラミック体が接合されたセラミック接合体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】エッチング装置や、化学的気相成長装置等を含む半導体製造・検査装置等においては、従来、ステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属製基材を用いたヒータや静電チャック等が用いられてきた。

【0003】ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。まず、金属製であるため、ヒータ板の厚みは、 $15 \text{mm}$  程度と厚くしなければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪み等が発生してしまい、金属板上に載置したシリコンウエハが破損したり傾いたりしてしまうからである。しかしながら、ヒータ板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、また、嵩張ってしまうという問題があった。

【0004】また、抵抗発熱体に印加する電圧や電流量を変えることにより、シリコンウエハ等の被加熱物を加熱する面（以下、加熱面という）の温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対

してヒータ板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。

【0005】そこで、特開平 4 - 3 2 4 2 7 6 号公報では、基板として、熱伝導率が高く、強度も大きい非酸化物セラミックである窒化アルミニウムを使用し、この窒化アルミニウム基板中に抵抗発熱体とタングステンからなるスルーホールとが形成され、これらに外部端子としてニクロム線がろう付けされたホットプレートが提案されている。

【0006】このようなホットプレートでは、高温においても機械的な強度の大きいセラミック基板を用いているため、セラミック基板の厚さを薄くして熱容量を小さくすることができ、その結果、電圧や電流量の変化に対してセラミック基板の温度を迅速に追従させることができる。

【0007】また、このようなホットプレートでは、特許第 2 5 2 5 9 7 4 号公報、特許第 2 7 8 3 9 8 0 号公報、特開 2 0 0 0 - 1 1 4 3 5 5 号公報等に記載のように、円筒状のセラミックと円板状のセラミックとを接合させ、半導体製造工程に用いる反応性ガスやハロゲンガス等から外部端子等の配線を保護する手段がとられていた。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが、特許第 2 5 2 5 9 7 4 号公報に記載されたホットプレートを用いた場合、長期間反応性ガスやハロゲンガス等に曝されたり、また、円筒状のセラミックと円板状のセラミックとの接合界面（以下、界面ともいう）に熱応力が集中し、昇温と降温とを繰り返すことによって熱疲労が生じたりすることにより、界面にクラック等が発生し、界面の気密性が損なわれ、外部端子等の配線が腐食されるという問題が発生した。

【0009】また、特許第 2 7 8 3 9 8 0 号公報に記載されたホットプレートでは、その界面において、セラミック粒子が界面の両側に延びるように粒成長することによって、円筒状のセラミックと円板状のセラミックとの接合が行われていることから、界面の接合強度は強いものの、局所的に熱応力が集中し、昇温と降温とが繰り返されることによって熱疲労が生じてしまい、界面や、円筒状のセラミックや、円板状のセラミックに、クラック等が生じることがあった。

【0010】また、近年の半導体製品においては、スループットに要する時間の短縮化が要求されており、昇温時間や、降温時間の短縮化への強い要請があるが、特許 2 5 2 5 9 7 4 号公報や、特開 2 0 0 0 - 1 1 4 3 5 5 号公報等に記載されたホットプレートでは、円筒状のセラミックにフランジ部が設けられているため、熱容量が増大し、昇温速度が低下してしまうという問題もあった。

【0011】さらに、昇温時間を短縮するためには、昇

温速度を上げる必要があり、また、降温時間を短縮するためには、降温速度を上げる必要がある。しかしながら、そのように、ホットプレートに急激に升温させたり、降温させたりすると、界面等に、より大きな熱応力が発生することになり、上述したようなクラック等が益々発生しやすくなる。

#### 【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上述した問題に鑑み、単に、界面の接合強度を向上させることにより、クラック等の発生を防止するのではなく、局所的に、熱応力が集中することを防止することにより、クラック等の発生を防止するために鋭意研究した結果、その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面にセラミック体を接合する際、上記セラミック体と上記セラミック基板との界面により包囲される領域または上記セラミック体と上記セラミック基板との界面により包囲される領域の中心と、上記セラミック基板の底面の中心とを、特定の距離以上、離間させることにより、局所的に熱応力が集中することを抑制し、クラック等の発生を防止することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【 0 0 1 3 】すなわち、本発明のセラミック接合体は、その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面に、セラミック体が接合されたセラミック接合体であって、上記セラミック体と上記セラミック基板との界面により包囲される領域または上記セラミック体と上記セラミック基板との界面により包囲される領域の中心と、上記セラミック基板の底面の中心とが、 $3 \sim 200 \mu\text{m}$ 離れていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】本発明のセラミック接合体において、セラミック体は、柱状体や板状体であってもよく、筒状体のような中空体であってもよく、内部に空洞が存在せず、セラミックが充填された構造の充実体であってもよい。

【 0 0 1 5 】図 1 2 は、充実体からなるセラミック体 4 8 1 を用いたセラミック接合体 4 0 0 を模式的に示した断面図であり、充実体からなるセラミック体 4 8 1 の内部にソケット 4 8 5 を有する外部端子 4 8 3 及び導電線 4 3 0 が埋設されるとともに、測温素子 1 8 0 のリード線 2 9 0 も埋設されている。また、図 1 3 は、板状体からなるセラミック体 5 8 1 を用いたセラミック接合体 5 0 0 を模式的に示した断面図であり、板状の充実体からなるセラミック体 5 8 1 の内部にソケット 5 8 5 を有する外部端子 5 8 3 及び導電線 5 3 0 が埋設されるとともに、測温素子 1 8 0 のリード線 2 9 0 も埋設されている。柱状体の場合、図 1 4 ( a ) ～ ( c ) に示すように、三角柱状体 1 5 0 や四角柱状体 1 6 0 であってもよく、それ以上の多角柱状体 1 7 0 であってもよい。

【 0 0 1 6 】本発明で、セラミック体とセラミック基板との界面により包囲される領域またはセラミック体とセラミック基板との界面により構成される領域の中心と

は、界面で包囲されて構成される図形、または、界面それ自体で構成される図形の重心をいうものとする。また、重心とは、図形の面積を二等分する直線の交点として定義される。円の場合は、円の中心が中心点となる。

【 0 0 1 7 】本発明で、その最も好適な例は、その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面に、円筒形状の筒状セラミック体が接合されたセラミック接合体であって、上記筒状セラミック体と上記セラミック基板との界面により包囲される円の中心と、上記セラミック基板の底面の中心とが、 $3 \sim 200 \mu\text{m}$ 離れていることを特徴とするセラミック接合体であり、以下においては、このセラミック接合体について説明していくことにする。

【 0 0 1 8 】例えば、筒状セラミック体とセラミック基板との界面により包囲される円の中心（以下、中心 A ともいう）、および、上記セラミック基板の底面の中心（以下、中心 B ともいう）が合致するセラミック接合体を加熱した場合、上記界面において、上記筒状セラミック体が膨張する方向と、上記セラミック基板が膨張する方向が合致することになる。その結果、局所的に熱応力が集中し、熱疲労が生じてしまい、クラック等が発生することになる。

【 0 0 1 9 】しかし、本発明のセラミック接合体、すなわち、中心 A と中心 B との距離（以下、距離 L ともいう）が、 $3 \sim 200 \mu\text{m}$ 離れているセラミック接合体によれば、加熱した場合、上記筒状セラミック体が膨張する方向と、上記セラミック基板が膨張する方向が異なることになる。その結果、熱応力を分散させることができ、クラック等の発生を防止することができる。なお、距離 L が  $3 \mu\text{m}$ 未満のセラミック接合体では、熱応力を十分に分散させることが困難となる。また、距離 L が  $200 \mu\text{m}$ を超えると、逆に熱応力が集中してクラックが発生しやすくなる。さらに、半導体ウエハを加熱する面の温度分布が大きくなる。このことは、距離 L を変化した種々のセラミック接合体を  $450^\circ\text{C}$  に加熱して最高温度と最低温度との差を測定した結果を示す図 1 5 から理解される。

【 0 0 2 0 】また、上記導電体は、発熱体であり、上記セラミック接合体は、ホットプレートとして機能することが望ましい。上記セラミック接合体は、上述したように、熱応力を分散させることができる構造を有しており、局所的に熱応力が集中せず、昇温と降温とを繰り返しても熱疲労が生じることがなく、また、上記セラミック接合体では、セラミック体のセラミック基板との接合面に、フランジ部を形成しなくてもよい。また、熱容量が増大することがなく、昇温速度が低下することがないため、ホットプレートとして好適に用いることができるからである。上記発熱体は、抵抗発熱体であってもよく、パルチエ素子のような発熱素子であってもよい。なお、上記発熱体が抵抗発熱体である場合、上記抵抗発熱体

は、層状に形成されていてもよく、線条体で形成されていてもよい。

【0021】さらに、上記導電体は、静電電極であり、上記セラミック接合体は、静電チャックとして機能することが望ましい。静電チャックは、腐食性の雰囲気で使用されることが多く、上記セラミック基板と上記筒状セラミック体とが、上述したように接合された構造が最適だからである。

【0022】さらに、前記セラミック基板の直径は、200mm以上が望ましく、250mm以上がより望ましい。セラミック基板の直径が250mm以上であると、熱応力を分散させ、クラック等の発生を防止するという第三の本発明の効果が大きくなるからである。このことは、実施例の結果を示した図16からも容易に理解することができる。すなわち、距離 $L=0$ では、直径が大きくなるにつれて、割れの発生率が高くなり、直径250mmを超えるところで急速に大きくなっているが、 $L=3\mu\text{m}$ または $200\mu\text{m}$ とすることにより、割れの発生率を低く抑えることができる。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施の形態に則して説明する。なお、本発明は、この記載に限定されることはない。以下の説明では、セラミック体を円筒状のセラミック体として説明するが、セラミック体は、円柱状の充実体であってもよく、三角柱や四角柱の中空体や充実体であってもよい。

【0024】初めに実施の形態に係るセラミック接合体について説明する。実施の形態に係るセラミック接合体は、その内部に導電体が設けられた円板形状のセラミック基板の底面に、円筒形状の筒状セラミック体が接合されたセラミック接合体であって、上記筒状セラミック体と上記セラミック基板との界面により包囲される円の中心、および、上記セラミック基板の底面の中心が、 $3\sim 200\mu\text{m}$ 離れていることを特徴とするセラミック接合体である。

【0025】図1(a)は、本発明のセラミック接合体を模式的に示した平面図であり、(b)は、上記セラミック接合体を模式的に示した部分拡大断面図である。なお、図1は、セラミック基板および筒状セラミック体のみを示しており、上記セラミック基板の内部に設けられる導電体等は図示していない。

【0026】セラミック接合体1は、円板形状のセラミック基板2の底面に、円筒形状の筒状セラミック体7が接合されることにより構成されている。このとき、セラミック基板2と筒状セラミック体7とが接合されている面が、界面6である。そして、セラミック接合体1では、界面6により包囲される円の中心Aと、セラミック基板2の底面の中心Bとの距離 $L$ が、 $3\sim 200\mu\text{m}$ 離れている。なお、上記セラミック基板と上記筒状セラミック体とを接合する方法については、後で詳述すること

にする。

【0027】また、本発明のセラミック接合体を半導体製造・検査装置に応用する場合は、その内部に導電体が設けられたセラミック基板が、底板を備えた支持容器の上部に固定され、さらに、上記セラミック基板の底面に接合された筒状セラミック体に、上記導電体からの配線が格納されていることが望ましい。上記配線が、腐食性のガス等に曝されることにより、腐食してしまうことを防止するためである。

【0028】本発明のセラミック接合体を構成するセラミック基板の内部に形成された導電体が抵抗発熱体および導体回路である場合には、上記セラミック接合体は、ホットプレートとして機能する。

【0029】図2は、本発明のセラミック接合体を構成するセラミック基板の一例であるホットプレートを模式的に示した平面図であり、図3は、その断面図であり、図4は、図3に示した筒状セラミック体近傍の部分拡大断面図である。

【0030】図3に示すように、このホットプレート10では、円板形状のセラミック基板11の底面11bの中央付近に直接筒状セラミック体17が接合されている。このとき、上述したように、筒状セラミック体17とセラミック基板11との界面により包囲される円の中心、および、セラミック基板11の底面の中心が、 $3\sim 200\mu\text{m}$ 離れている。また、筒状セラミック体17は、支持容器の底板（図示せず）に密着するように形成されているため、筒状セラミック体17の内側と外側とは完全に隔離されている。

【0031】セラミック基板11の内部には、図2に示すように、同心円形状の回路からなる抵抗発熱体12が形成されており、これら抵抗発熱体12は、互いに近い二重の同心円同士が1組の回路として、1本の線になるように接続されている。

【0032】また、図3に示すように、抵抗発熱体12と底面11bとの間には、セラミック基板11の中心方向に向かって伸びる導体回路18が形成されており、抵抗発熱体端部12aと導体回路18の一端とはバイアホール130を介して接続されている。

【0033】この導体回路18は、抵抗発熱体端部12aを中央部に延設するために形成されたものであり、セラミック基板11の内部において、筒状セラミック体17の内側の近傍にまで延びた導体回路18の他端の直下にはスルーホール13'およびこのスルーホール13'を露出させる袋孔19が形成され、このスルーホール13'は、半田層（図示せず）を介して先端がT字形の外部端子23と接続されている。

【0034】抵抗発熱体端部12aが筒状セラミック体17の内側にある場合には、バイアホールや導体回路は必要がないので、抵抗発熱体の端部に直接スルーホール13が形成され、半田層を介して外部端子23と接続さ

れている。

【0035】そして、これらの外部端子 23 には導電線 230 を有するソケット 25 が取り付けられ、この導電線 230 は、底板（図示せず）に形成された貫通孔から外部に引き出され、電源等（図示せず）と接続されている。

【0036】一方、セラミック基板 11 の底面 11b に形成された有底孔 14 には、リード線 290 を有する熱電対等の測温素子 180 が挿入され、耐熱性樹脂、セラミック（シリカゲル等）等を用いて封止されている。このリード線 290 は、碍子（図示せず）の内部を挿通しており、支持容器の底板に形成された貫通孔（図示せず）を通して外部に引き出されており、碍子の内部も外部と隔離されている。さらに、セラミック基板 11 の中央に近い部分には、リフターピン（図示せず）を挿通するための貫通孔 15 が設けられている。

【0037】上記リフターピンは、その上にシリコンウエハ等の被処理物を載置して上下させることができるようになっており、これにより、シリコンウエハを図示しない搬送機に渡したり、搬送機からシリコンウエハを受け取ったりするとともに、シリコンウエハをセラミック基板 11 の加熱面 11a に載置して加熱したり、シリコンウエハを加熱面 11a から 50 ~ 2000  $\mu$ m 離間させた状態で支持し、加熱することができるようになっている。

【0038】また、セラミック基板 11 に貫通孔や凹部を設け、この貫通孔または凹部に先端が尖塔状または半球状の支持ピンを挿入した後、支持ピンをセラミック基板 11 よりわずかに突出させた状態で固定し、上記支持ピンでシリコンウエハを支持することにより、加熱面 11a から 50 ~ 2000  $\mu$ m 離間させた状態で加熱してもよい。

【0039】なお、支持容器の底板には、冷媒導入管等を設けてもよい。この場合、この冷媒導入管に、配管を介して冷媒を導入することより、セラミック基板 11 の温度や冷却速度等を制御することができる。

【0040】上述したように、このホットプレート 10 では、セラミック基板 11 の底面 11b に筒状セラミック体 17 が接合され、筒状セラミック体 17 は図示しない支持容器の底板（容器壁）まで形成されているので、筒状セラミック体 17 の内側とその外側とは、完全に隔離された状態となっている。

【0041】従って、底板の貫通孔から引き出された導電線 230 を管状の部材で保護することにより、ホットプレート 10 の周囲が反応性ガスやハロゲンガス等を含む雰囲気となっており、これら反応性ガス等が支持容器の内部に入り込み易い状態であっても、筒状セラミック体 17 の内部の配線等が腐食することはない。なお、測温素子 180 からの配線 290 も、碍子等により保護されているため、腐食することはない。

【0042】さらに、筒状セラミック体 17 の内部に不活性ガス等をゆっくり流し込んで、反応性ガスやハロゲンガス等が筒状セラミック体 17 の内部に流れ込まないようにすることにより、一層確実に導電線 230 の腐食を防止することができる。

【0043】筒状セラミック体 17 は、セラミック基板 11 をしっかりと支持する働きも有しているため、セラミック基板 11 が高温に加熱された際にも、自重により反るのを防止することができ、その結果、シリコンウエハ等の被処理物の破損を防止するとともに、該被処理物を均一な温度になるように加熱することもできる。

【0044】本発明のセラミック接合体におけるセラミック基板の形状は、図 2 に示すように、円板形状であるが、その直径は、200 mm 以上が望ましく、250 mm 以上がより望ましい。上記セラミック接合体を、ホットプレートや静電チャックとして用いた場合、このような大きな直径を持つ基板は、大口径の半導体ウエハを載置することができるからである。また、大きな直径を持つホットプレートほど、昇温および降温時に発生する熱応力が大きくなるため、本発明の構成が有効に機能するからである。

【0045】このことは、セラミック接合体において、 $L=0$  に設定するとともに、セラミック接合体を構成するセラミック基板の直径を変化させて、割れの発生率を測定した結果を示す図 16 から也容易に理解することができる。すなわち、直径が大きくなるにつれて割れの発生率が高くなり、直径 250 mm を超えるところで急速に高くなっている。セラミック基板の直径は、特に 12 インチ（300 mm）以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。

【0046】また、上記セラミック基板の厚さは、25 mm 以下であることが望ましい。上記セラミック基板の厚さが 25 mm を超えると温度追従性が低下するからである。また、その厚さは、0.5 mm 以上であることが望ましい。0.5 mm より薄いと、セラミック基板の強度自体が低下するため破損しやすくなる。より望ましくは、1.5 を超え 5 mm 以下である。5 mm より厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じ、一方、1.5 mm 以下であると、セラミック基板中を伝搬する熱が十分に拡散しないため加熱面に温度ばらつきが発生することがあり、また、セラミック基板の強度が低下して破損する場合があるからである。

【0047】また、図 3 に示すように、セラミック基板 11 には、被加熱物を載置する加熱面 11a の反対側から加熱面 11a に向けて有底孔 14 を設けるとともに、有底孔 14 の底を抵抗発熱体 12 よりも相対的に加熱面 11a に近く形成し、この有底孔 14 に熱電対等の測温素子 180 を設けることが望ましい。測温素子 180 により抵抗発熱体 12 の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができる

10

20

30

40

50

からである。

【0048】また、有底孔14の底と加熱面11aとの距離は、0.1mm～セラミック基板の厚さの1/2であることが望ましい。これにより、測温場所が抵抗発熱体12よりも加熱面11aに近くなり、より正確な半導体ウエハの温度の測定が可能となるからである。

【0049】有底孔14の底と加熱面11aとの距離が0.1mm未満では、放熱してしまい、加熱面11aに温度分布が形成され、厚さの1/2を超えると、抵抗発熱体の温度の影響を受けやすくなり、温度制御できなくなり、やはり加熱面11aに温度分布が形成されてしまうからである。

【0050】有底孔14の直径は、0.3mm～5mmであることが望ましい。これは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下して加熱面11aとの距離を均等にすることができなくなるからである。

【0051】有底孔14は、図1に示したように、セラミック基板11の中心に対して対称で、かつ、十字を形成するように複数配列することが望ましい。これは、加熱面全体の温度を測定することができるからである。

【0052】上記測温素子としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。

【0053】上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同じか、または、それよりも大きく、0.5mm以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合は、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

【0054】上記測温素子は、金ろう、銀ろうなどを使用して、有底孔14の底に接着してもよく、有底孔14に挿入した後、耐熱性樹脂、セラミック(シリカゲル等)等で封止してもよく、両者を併用してもよい。上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0055】上記金ろうとしては、37～80.5重量%Au-63～19.5重量%Cu合金、81.5～82.5重量%:Au-18.5～17.5重量%:Ni合金から選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらは、熔融温度が、900℃以上であり、高温領域でも熔融しにくいからである。銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu系のものを使用することができる。

【0056】さらに、本発明に係るホットプレート10の測温手段として、サーモピュア等の光学的な手段を用

いた測温手段を用いることも可能である。上記サーモピュアを用いた場合には、セラミック基板11の加熱面11aの温度を測定することができるほか、シリコンウエハ等の被加熱物表面の温度を直接測定することができるため、被加熱物の温度制御の精度が向上する。

【0057】本発明のセラミック接合体において、セラミック基板を形成するセラミックとしては、例えば、窒化物セラミック、炭化物セラミック、酸化物セラミックが望ましい。窒化物セラミック、炭化物セラミック、酸化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、セラミック基板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、セラミック基板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、セラミック基板の熱伝導率が高く、セラミック基板自体が薄いため、セラミック基板の表面温度が、抵抗発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて抵抗発熱体の温度を変化させることにより、セラミック基板の表面温度を制御することができるのである。

【0058】上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0059】また、上記炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0060】さらに、上記酸化物セラミックとしては、例えば、アルミナ、ジルコニア、コージュライト、ムライト等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0061】これらのなかでは、窒化物セラミックである窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が180W/m・Kと最も高く、温度追従性に優れるからである。

【0062】また、上記セラミック基板は、焼結助剤を含有していてもよい。上記焼結助剤としては、例えば、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、希土類酸化物等が挙げられる。これらの焼結助剤のなかでは、CaO、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、Li<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>Oが好ましい。これらの含有量としては、0.1～20重量%が好ましい。また、アルミナを含有していてもよい。

【0063】また、本発明のセラミック基板は、カーボン含有し、その含有量は、200～5000ppmであることが望ましい。電極を隠蔽することができ、また黒体輻射を利用しやすくなるからである。

【0064】なお、上記セラミック基板は、明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN6以下のものであることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。ここで、明度のN

は、理想的な黒の明度を 0 とし、理想的な白の明度を 1 0 とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を 1 0 分割し、N 0 ~ N 1 0 の記号で表示したものである。そして、実際の測定は、N 0 ~ N 1 0 に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点 1 位は 0 または 5 とする。

【0 0 6 5】このような特性を有するセラミック基板 1 1 は、基板中にカーボンを含 1 0 0 ~ 5 0 0 0 p p m 含有させることにより得られる。カーボンには、非晶質のものと結晶質のものとがあり、非晶質のカーボンは、基板の高温における体積抵抗率の低下を抑制することでき、結晶質のカーボンは、基板の高温における熱伝導率の低下を抑制することができるため、その製造する基板の目的等に応じて適宜カーボンの種類を選択することができる。

【0 0 6 6】非晶質のカーボンは、例えば、C、H、O だけからなる炭化水素、好ましくは、糖類を、空気中で焼成することにより得ることができ、結晶質のカーボンとしては、グラファイト粉末等を用いることができる。また、アクリル系樹脂を不活性雰囲気下で熱分解させた後、加熱加圧することによりカーボンを得ることができるが、このアクリル系樹脂の酸価を変化させることにより、結晶性（非晶性）の程度を調整することもできる。

【0 0 6 7】また、セラミック基板の気孔率は、0 または 5 % 以下が好ましい。上記気孔率はアルキメデス法により測定する。高温での熱伝導率の低下、反りの発生を抑制することができるからである。

【0 0 6 8】本発明のセラミック接合体における筒状セラミック体の形状は、図 3 に示すように、円筒形状であるが、その内径は、3 0 mm 以上であることが望ましい。3 0 mm 未満であると、セラミック基板をしっかりと支持することが困難になり、セラミック基板が高温に加熱された際、セラミック基板が自重によって反ってしまうおそれがあるからである。

【0 0 6 9】また、上記筒状セラミック体の厚さは、3 ~ 2 0 mm であることが望ましい。3 mm 未満であると、筒状セラミック体の厚さが薄すぎるため、機械的強度が乏しくなり、昇温と降温とを繰り返すことによつて、上記筒状セラミック体が破損してしまうおそれがあり、2 0 mm を超えると、筒状セラミック体の厚さが厚すぎるため、熱容量が大きくなり、昇温速度が低下するおそれがあるからである。

【0 0 7 0】また、上記筒状セラミック体を形成するセラミックとしては、上述したセラミック基板と同様のものを用いることができる。なお、上記筒状セラミック体と上記セラミック基板とを接合する方法については、後で詳述することにする。

【0 0 7 1】また、セラミック基板の内部に形成される抵抗発熱体のパターンとしては、図 2 に示した同心円形状のほか、渦巻き形状、偏心円形状、同心円形状と屈曲

線形状との組み合わせなどを挙げることができる。また、抵抗発熱体 1 2 の厚さは、1 ~ 5 0  $\mu$  m が望ましく、その幅は、5 ~ 2 0  $\mu$  m が望ましい。

【0 0 7 2】抵抗発熱体 1 2 の厚さや幅を変化させることにより、その抵抗値を変化させることができるが、この範囲が最も実用的だからである。抵抗発熱体 1 2 の抵抗値は、その厚さが薄く、また、その幅が狭くなるほど大きくなる。

【0 0 7 3】抵抗発熱体 1 2 は、断面が方形、楕円形、紡錘形、蒲鉾形状のいずれでもよいが、偏平なものであることが望ましい。偏平の方が加熱面 1 1 a に向かって放熱しやすいため、加熱面 1 1 a への熱伝搬量を多くすることができ、加熱面 1 1 a の温度分布ができにくいからである。なお、抵抗発熱体 1 2 は螺旋形状でもよい。

【0 0 7 4】ホットプレート 1 0 において、抵抗発熱体 1 2 からなる回路の数は 1 以上であれば特に限定されないが、加熱面 1 1 a を均一に加熱するためには、複数の回路が形成されていることが望ましい。

【0 0 7 5】また、抵抗発熱体 1 2 の形成位置は、セラミック基板 1 1 の内部であれば、特に限定されないが、セラミック基板 1 1 の底面 1 1 b からその厚さの 6 0 % までの位置に少なくとも 1 層形成されていることが好ましい。加熱面 1 1 a まで熱が伝搬する間に拡散し、加熱面 1 1 a での温度が均一になりやすいからである。

【0 0 7 6】また、抵抗発熱体 1 2 を形成する際には、金属や導電性セラミックからなる導体ペーストを用いることが好ましい。即ち、セラミック基板 1 1 の内部に抵抗発熱体 1 2 を形成する際には、グリーンシート上に導体ペースト層を形成した後、グリーンシートを積層、焼成することにより、内部に抵抗発熱体 1 2 を作製する。

【0 0 7 7】上記導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するため金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0 0 7 8】上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケル等が好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

【0 0 7 9】上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0. 1 ~ 1 0 0  $\mu$  m が好ましい。0. 1  $\mu$  m 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、1 0 0  $\mu$  m を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【0 0 8 0】上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場



合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってよい。上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体 1 2 とセラミック基板 1 1 との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0081】導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等が挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコール等が挙げられる。増粘剤としては、セルロース等が挙げられる。

【0082】また、基板の内部に導体回路 1 8 を形成する際には、上述した抵抗発熱体 1 2 を形成する際に使用した金属や導電性セラミックからなる導体ペーストを用いることができるほか、電極等を形成する際に通常に用いられる導体ペースト等を用いることができる。

【0083】導体回路 1 8 の大きさは特に限定されず、幅は 0. 1 ～ 5 0 mm、厚さは 0. 1 ～ 5 0 0  $\mu$  m が好ましく、長さは、抵抗発熱体 1 2 の端部からセラミック基板 1 1 の中央付近に接合された筒状セラミック体 1 7

の内側までの距離に合わせて適宜調整される。

【0084】本発明では、ソケット 2 5 を介して外部端子 2 3 と接続されている導電線 2 3 0 は、他の導電線 2 3 0 との間の短絡等を防止するために、耐熱性の絶縁部材で被覆されていることが望ましい。このような絶縁部材としては、筒状セラミック体 1 7 と同様の窒化アルミニウムや、その他、アルミナ、シリカ、ムライト、コーゼライト等の酸化物セラミック、窒化珪素、および、炭化珪素等が挙げられる。

【0085】また、図 2、3 および 4 に示したホットプレート 1 0 では、通常、セラミック基板 1 1 が支持容器（図示せず）の上部に嵌合されているが、他の実施の形態においては、基板が上端に基板受け部を有する支持容器の上面に載置され、ボルト等の固定部材により固定されているともよい。

【0086】なお、上述した本発明に係るホットプレート 1 0 は、1 0 0  $^{\circ}$ C 以上で使用することが望ましく、2 0 0  $^{\circ}$ C 以上で使用することがより望ましい。

【0087】本発明のセラミック接合体を構成するセラミック基板は、半導体の製造や半導体の検査を行うために用いられるものであり、具体的には、例えば、静電チャック、サセプタ、ホットプレート（セラミックヒータ）等が挙げられる。

【0088】上述したホットプレートは、セラミック基板の内部に抵抗発熱体のみが設けられた装置であり、これにより、シリコンウエハ等の被処理物をセラミック基板の表面に載置または離間させて保持し、所定の温度に加熱したり洗浄を行うことができる。

【0089】本発明のセラミック接合体を構成するセラミック基板の内部に形成された導電体が静電電極および

導体回路である場合には、上記セラミック接合体は、静電チャックとして機能する。図 5 は、このような静電チャックを模式的に示す縦断面図であり、図 6 は、その部分拡大断面図であり、図 7 は、静電チャックを構成する基板に形成された静電電極付近を模式的に示す水平断面図である。

【0090】この静電チャック 3 0 を構成するセラミック基板 3 1 の内部には、半円形状のチャック正負極静電層 3 2 a、3 2 b が対向して配設され、これらの静電電極上にセラミック誘電体膜 3 4 が形成されている。また、セラミック基板 3 1 の内部には、抵抗発熱体 3 2 0 が設けられ、シリコンウエハ等の被処理物を加熱することができるようになっている。なお、セラミック基板 3 1 には、必要に応じて、RF 電極が埋設されていてもよい。

【0091】上記静電電極は、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケル等の金属、または、タングステン、モリブデンの炭化物等の導電性セラミックからなるものであることが好ましい。また、これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

【0092】この静電チャック 3 0 は、図 5、図 6 に示した通り、セラミック基板 3 1 中に静電電極 3 2 a、3 2 b が形成され、静電電極 3 2 a、3 2 b の端部の直下にスルーホール 3 3 が形成され、静電電極 3 2 上にセラミック誘電体膜 3 4 が形成されている以外は、上述したホットプレート 1 0 と同様に構成されている。

【0093】すなわち、セラミック基板 3 1 の底面の中央付近には筒状セラミック体 3 7 が接合されている。このとき、上述したように、筒状セラミック体 3 7 とセラミック基板 3 1 との界面により包囲される円の中心、および、セラミック基板 3 1 の底面の中心が、3 ～ 2 0 0  $\mu$  m 離れている。また、筒状セラミック体 3 7 の内側の上方には、スルーホール 3 3、3 3 0 が形成されており、これらのスルーホール 3 3、3 3 0 は、静電電極 3 2 a、3 2 b、抵抗発熱体 3 2 0 に接続されるとともに、袋孔 3 9 0 に挿入された外部端子 3 6 0 に接続され、この外部端子 3 6 0 の一端には、導電線 3 3 1 を有するソケット 3 5 0 が接続されている。そして、この導電線 3 3 1 が貫通孔（図示せず）より外部に引き出されている。

【0094】また、筒状セラミック体 3 7 の外側に端部を有する抵抗発熱体 3 2 0 の場合には、図 2 ～ 4 に示したホットプレート 1 0 の場合と同様に、バイアホール 3 9、導体回路 3 8 0 およびスルーホール 3 3 0' を形成することより、抵抗発熱体 3 2 0 の端部を筒状セラミック体 3 7 の内側に延設している（図 6 参照）。従って、スルーホール 3 3 0' を露出させる袋孔 3 9 0 に外部端子 3 6 0 を挿入して接続することにより、筒状セラミック体 3 7 の内側に外部端子 3 6 0 を格納することができ

る。

【0095】このような静電チャック30を作動させる場合には、抵抗発熱体320および静電電極32に、それぞれ電圧を印加する。これにより、静電チャック30上に載置されたシリコンウエハが所定温度に加熱されるとともに、静電的にセラミック基板31に吸着されることになる。なお、この静電チャックは、必ずしも、抵抗発熱体320を備えていなくてもよい。

【0096】図8は、他の静電チャックの基板に形成された静電電極を模式的に示した水平断面図である。基板71の内部に半円弧状部72aと櫛歯部72bとからなるチャック正極静電層72と、同じく半円弧状部73aと櫛歯部73bとからなるチャック負極静電層73とが、互いに櫛歯部72b、73bを交差するように対向して配置されている。

【0097】また、図9は、更に別の静電チャックの基板に形成された静電電極を模式的に示した水平断面図である。この静電チャックでは、基板81の内部に円を4分割した形状のチャック正極静電層82a、82bとチャック負極静電層83a、83bが形成されている。また、2枚のチャック正極静電層82a、82bおよび2枚のチャック負極静電層83a、83bは、それぞれ交差するように形成されている。なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0098】次に、本発明のセラミック接合体の製造方法の一例として、ホットプレートの製造方法について、図10を参照しながら説明する。図10(a)～(d)は、本発明に係るホットプレートの製造方法の一部を模式的に示した断面図である。

【0099】(1) グリーンシートの作製工程  
まず、窒化物セラミック等のセラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてグリーンシート50を作製する。

【0100】上述した窒化物等のセラミック粉末としては、窒化アルミニウム等を使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤、Na、Caを含む化合物等を加えてもよい。

【0101】また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。さらに溶媒としては、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

【0102】これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート50を作製する。グリーンシート50の厚さは、0.1～5mmが好ましい。次に、抵抗発熱体の端部と導体回路とを接続するためのバイアホールとなる部分630を形成したグリーンシートと、導体回路と外部端子とを接続

するためのスルーホールとなる部分63、63'を形成したグリーンシートを作製する。

【0103】また、必要に応じて、シリコンウエハを運搬するためのリフターピンを挿入する貫通孔となる部分、シリコンウエハを支持するための支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分等を形成する。なお、貫通孔や有底孔は、後述するグリーンシート積層体を形成した後、または、上記積層体を形成し、焼成した後に上記加工を行ってもよい。

【0104】なお、バイアホールとなる部分630およびスルーホールとなる部分63、63'には、上記ペースト中にカーボンを加えておいたものを充填してもよい。グリーンシート中のカーボンは、スルーホール中に充填されたタングステンやモリブデンと反応し、これらの炭化物が形成されるからである。

【0105】(2) グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

バイアホールになる部分630を形成したグリーンシート上に、金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導体ペーストを印刷し、導体ペースト層62を形成する。これらの導体ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

【0106】上記金属粒子であるタングステン粒子またはモリブデン粒子等の平均粒径は、0.1～5 $\mu$ mが好ましい。平均粒子が0.1 $\mu$ m未満であるか、5 $\mu$ mを超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。

【0107】このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子85～87重量部；アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部；および、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～10重量部混合した組成物（ペースト）が挙げられる。

【0108】また、スルーホールとなる部分63、63'を形成したグリーンシート上に、静電電極等を形成するときに通常使用される導体ペーストを印刷して、導体ペースト層68を形成する。

【0109】(3) グリーンシートの積層工程  
導体ペースト層62を印刷したグリーンシート上に、導体ペーストを印刷していないグリーンシート50を複数積層し、その下に、導体ペースト層68を形成したグリーンシートを重ねる。そして、このグリーンシートの下に、更に、何も印刷していないグリーンシート50を複数積層する(図10(a))。

【0110】このとき、導体ペースト層62を印刷したグリーンシートの上側に積層するグリーンシート50の数を下側に積層するグリーンシート50の数よりも多くして、製造する抵抗発熱体の形成位置を底面側の方向に

偏芯させる。具体的には、上側のグリーンシート 50 の積層数は 20 ~ 50 枚が、下側のグリーンシート 50 の積層数は 5 ~ 20 枚が好ましい。

【0111】(4) グリーンシート積層体の焼成工程  
グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシート 50 および内部の導体ペースト層 62、68 等を焼結させ、セラミック基板 11、抵抗発熱体 12 および導体回路 18 等を製造する(図 10 (b))。加熱温度は、1000 ~ 2000℃が好ましく、加圧の圧力は、10 ~ 20 MPa が好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素等を使用することができる。

【0112】次に、セラミック基板 11 の底面 11b に、測温素子を挿入するための有底孔を設ける(図示せず)。上記有底孔は、表面研磨後に、ドリル加工やサンドブラストなどのブラスト処理等を行うことにより形成することができる。なお、上記有底孔や凹部は、後述するセラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 とを接合した後に設けてもよく、グリーンシート 50 に予め有底孔となる部分を設けておき、グリーンシート 50 を積層、焼成すると同時に形成してもよい。また、内部の抵抗発熱体 12 と接続するためのスルーホール 13、13' を露出させるために袋孔 19 を形成する。この袋孔 19 もセラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 とを接合した後に設けてもよい。

【0113】(5) 筒状セラミック体の製造  
窒化アルミニウム粉末等を円筒形状の成型型に入れて成形し、必要に応じて切断加工する。これを加熱温度 1000 ~ 2000℃、常圧で焼結させて筒状セラミック体 17 を製造する。上記焼結は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素等を使用することができる。また、筒状セラミック体 17 の大きさは、セラミック基板の内部に形成したスルーホール 13、13' がその内側に収まるように調整する。次いで、筒状セラミック体 17 の端面を研磨して平坦化する。

【0114】(6) セラミック基板と筒状セラミック体との接合

セラミック基板 11 の底面 11b の中央付近と筒状セラミック体 17 の端面とを接触させた状態で、セラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 とを加熱して、これらを接合する。このとき、筒状セラミック体 17 の内径の内側にセラミック基板 11 内のスルーホール 13、13' が収まるようにし、さらに、筒状セラミック体 17 とセラミック基板 11 との界面により包囲される円の中心、および、セラミック基板 11 の底面の中心が、3 ~ 200  $\mu$ m 離れるようにして、筒状セラミック体 17 をセラミック基板 11 の底面 11b に接合する(図 10 (c))。具体的には、図 11 に示すような開口 91 を設けたマスク 90 をセラミック基板 11 の底面に載置し

た後、開口 91 に筒状セラミック体 17 を嵌め込み、加熱することで、セラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 とを接合する。なお、開口 91 の開口径と筒状セラミック体 17 の外径は同じであるため、開口 91 の中心 C とセラミック基板 11 の底面の中心 B との距離が、セラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板 11 の底面の中心との距離 L となる。

【0115】なお、セラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 とを接合する方法として、金ろう、銀ろう等を用いてろう付けする方法、酸化物系ガラス等の接着剤を用いて接合する方法等を用いることができる。また、セラミック基板 11 および筒状セラミック体 17 を形成するセラミックと主成分が同じセラミックペーストを塗布し、これを焼結させる方法、セラミック基板や筒状セラミック体の接合面に焼結助剤を含有する溶液を塗布する方法によっても、セラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 とを接合することができる。本発明においては、いずれの接合方法を用いた場合であっても、接合面における熱応力を分散させることができるため、セラミック基板 11 と筒状セラミック体 17 との接合部分の気密性を確保することができる。

【0116】(7) 端子等の取り付け  
筒状セラミック体 17 の内径の内側に形成した袋孔 19 に、半田やろう材を介して外部端子 23 を挿入し、加熱してリフローすることにより、外部端子 23 をスルーホール 13、13' に接続する(図 10 (d))。上記加熱温度は、半田処理の場合には 90 ~ 450℃が好適であり、ろう材での処理の場合には、900 ~ 1100℃が好適である。

【0117】次に、この外部端子 23 にソケット 25 を介して電源に接続される導電線 230 に接続する(図 3 参照)。更に、測温素子としての熱電対等を、形成した有底孔に挿入し、耐熱性樹脂等で封止することで、その底面に筒状セラミック体を備えたホットプレートを製造することができる。

【0118】このホットプレートでは、その上にシリコンウエハ等の半導体ウエハを載置するか、または、シリコンウエハ等をリフターピンや支持ピン等で保持させた後、シリコンウエハ等の加熱や冷却を行いながら、洗浄等の操作を行うことができる。

【0119】上記ホットプレートを製造する際に、セラミック基板の内部に静電電極を設けることにより静電チャックを製造することができる。ただし、この場合は、静電電極と外部端子とを接続するためのスルーホールを形成する必要があるが、支持ピンを挿入するための貫通孔を形成する必要はない。

【0120】セラミック基板の内部に電極を設ける場合には、抵抗発熱体を形成する場合と同様にグリーンシートの表面に静電電極となる導体ペースト層を形成すれば

よい。

【0121】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

【実施例】（実施例1） 静電チャックの製造（図5〜6参照）

（1）窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1  $\mu\text{m}$ ）100重量部、イットリウム（平均粒径0.4  $\mu\text{m}$ ）4重量部、アクリル系樹脂バインダ12重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合した組成物を用い、ドクターブレード法を用いて成形することにより厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

【0122】（2）次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥した後、何も加工を施していないグリーンシートと、パンチングを行い、抵抗発熱体と導体回路とを接続するためのバイアホール用貫通孔を設けたグリーンシートと、導体回路と外部端子とを接続するためのバイアホール用貫通孔を設けたグリーンシートと、静電電極と外部端子とを接続するためのスルーホール用貫通孔を設けたグリーンシートとを作製した。

【0123】（3）平均粒子径1  $\mu\text{m}$ のタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.5重量部、分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。また、平均粒子径3  $\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.7重量部、分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。

【0124】（4）バイアホール用貫通孔を設けたグリーンシートの表面に、導体ペーストAをスクリーン印刷法により印刷し、抵抗発熱体となる導体ペースト層を印刷した。また、導体回路と外部端子とを接続するためのスルーホール用貫通孔を設けたグリーンシートの表面に、上記導電性ペーストAをスクリーン印刷法により印刷し、導体回路となる導体ペースト層を印刷した。更に、何も加工を施していないグリーンシートに図7に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

【0125】更に、抵抗発熱体と導体回路とを接続するためのバイアホール用貫通孔と外部端子を接続するためのスルーホール用貫通孔に導体ペーストBを充填した。

【0126】次に、上記処理の終わった各グリーンシートを積層した。まず、抵抗発熱体となる導体ペースト層が印刷されたグリーンシートの上側（加熱面側）に、スルーホール33となる部分のみが形成されたグリーンシートを34枚積層し、そのすぐ下側（底面側）に導体回路となる導体ペースト層が印刷されたグリーンシートを積層し、さらに、その下側にスルーホール33、330、330'となる部分が形成されたグリーンシートを12枚積層した。このように積層したグリーンシートの最上部に、静電電極パターンからなる導体ペースト層を

印刷したグリーンシートを積層し、さらにその上に何の加工もしていないグリーンシートを2枚積層し、これらを130℃、8MPaの圧力で圧着して積層体を形成した。

【0127】（5）次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、その後、1890℃、圧力15MPaの条件で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを直径230mmの円板状に切り出し、内部に、厚さが5  $\mu\text{m}$ 、幅が2.4mmの抵抗発熱体320、厚さが20  $\mu\text{m}$ 、幅が10mmの導体回路380および厚さ6  $\mu\text{m}$ のチャック正極静電層32a、チャック負極静電層32bを有するセラミック基板31とした。

【0128】（6）次に、（5）で得られたセラミック基板31を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、ガラスビーズによるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔300を設け、セラミック基板31の底面31bで、スルーホール33、33'が形成されている部分をえぐりとして袋孔390を形成した。

【0129】（7）窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1  $\mu\text{m}$ ）100重量部、イットリア（平均粒径0.4  $\mu\text{m}$ ）4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合した組成物を用い、スプレードライ法により顆粒を製造し、この顆粒をパイプ状の金型に入れ、常圧、1890℃で焼結させ、長さ200mm、外径45mm、内径35mmの筒状セラミック体を製造した。

【0130】（8）窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1  $\mu\text{m}$ ）100重量部、イットリア（平均粒径0.4  $\mu\text{m}$ ）4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合した液状体をセラミック基板31および筒状セラミック体37の接合面に塗布した後、セラミック基板31の底面31bであって、袋孔390がその内径の内側に収まるような位置に、筒状セラミック体37の端面を接触させ、1890℃に加熱することで、セラミック基板31と筒状セラミック体37とを接合した。具体的には、図11に示すような開口91を設けたマスク90をセラミック基板31の底面に載置した後、開口91に筒状セラミック体37を嵌め込み、加熱することで、セラミック基板31と筒状セラミック体37とを接合した。なお、セラミック基板31と筒状セラミック体37との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板31の底面の中心との距離Lは、5  $\mu\text{m}$ とした。

【0131】（9）次に、筒状セラミック体37の内部の袋孔390に、銀ろう（Ag：40重量%、Cu：30重量%、Zn：28重量%、Ni：1.8重量%、残部：その他の元素、リフロー温度：800℃）を用い

て、外部端子 360 を取り付けた。そして、外部端子 360 にソケット 350 を介して導電線 331 を接続した。

【0132】(10)そして、温度制御のための熱電対を有底孔 300 に挿入し、シリカゾルを充填し、190℃で2時間硬化、ゲル化させることで、その内部に静電電極、抵抗発熱体、導体回路、バイアホールおよびスルーホールが設けられたセラミック基板の底面に、筒状セラミック体が接合され、上記セラミック基板が静電チャックとして機能するセラミック接合体を製造した。

【0133】(実施例2) ホットプレートの製造(図2~3、図10参照)

(1) 窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1μm)100重量部、酸化イットリウム(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:イットリア、平均粒径0.4μm)4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを作製した。

【0134】(2)次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、図2に示すようなシリコンウエハを運搬等するためのリフターピンを挿入するための貫通孔15となる部分、バイアホールとなる部分630、および、スルーホールとなる部分63、63'をパンチングにより形成した。

【0135】(3)平均粒径1μmのタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、α-テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調整した。

【0136】平均粒径3μmのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、α-テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調整した。

【0137】この導体ペーストAをバイアホールとなる部分630を形成したグリーンシート上にスクリーン印刷で印刷し、抵抗発熱体用の導体ペースト層62を形成した。印刷パターンは、図2に示したような同心円パターンとし、導体ペースト層62の幅を10mm、その厚さを12μmとした。

【0138】続いて、導体ペーストAをスルーホールとなる部分63'を形成したグリーンシート上にスクリーン印刷で印刷し、導体回路用の導体ペースト層68を形成した。印刷の形状は帯状とした。

【0139】また、導体ペーストBを、バイアホールとなる部分630およびスルーホールとなる部分63、63'に充填した。

【0140】上記処理の終わった導体ペースト層62を印刷したグリーンシートの上に、導体ペーストを印刷していないグリーンシートを37枚重ね、その下に、導体

ペースト層68を印刷したグリーンシートを重ねた後、更にその下に、導体ペーストを印刷していないグリーンシートを12枚重ねて、130℃、8MPaの圧力で積層した。

【0141】(4)次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力15MPaで10時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6μm、幅10mmの抵抗発熱体12、厚さ20μm、幅10mmの導体回路18、バイアホール130およびスルーホール13、13'を有するセラミック基板11とした。

【0142】(5)次に、(4)で得られたセラミック基板11を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、ガラスビーズによるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔14を設け、セラミック基板11の底面11bで、スルーホール13、13'が形成されている部分をえぐりとして袋孔19を形成した。

【0143】(6)窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1μm)100重量部、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(平均粒径0.4μm)4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合した組成物を用い、スプレードライ法により顆粒を製造し、この顆粒を円筒状の金型に入れ、常圧、1890℃で焼結させ、筒状セラミック体17を製造した。

【0144】(7)セラミック基板11および筒状セラミック体17の接合面に硝酸イットリウム(2.61×10<sup>-1</sup>mol/L)水溶液を塗布した後、セラミック基板11の底面11bであって、袋孔19がその内径の内側に収まるような位置に、筒状セラミック体17の端面を接触させ、1890℃に加熱することで、セラミック基板11と筒状セラミック体17とを接合した。具体的には、図11に示すような開口91を設けたマスク90をセラミック基板11の底面に載置した後、開口91に筒状セラミック体17を嵌め込み、加熱することで、セラミック基板11と筒状セラミック体17とを接合した。なお、セラミック基板11と筒状セラミック体17との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板11の底面の中心との距離Lは、190μmとした。

【0145】(8)次に、筒状セラミック体17の内部の袋孔19に、銀ろう(Ag:40重量%、Cu:30重量%、Zn:28重量%、Ni:1.8重量%、残部:その他の元素、リフロー温度:800℃)を用いて、外部端子23を取り付けた。そして、外部端子23にソケット25を介して導電線230を接続した。

【0146】(9)そして、温度制御のための熱電対を有底孔14に挿入し、シリカゾルを充填し、190℃で2時間硬化、ゲル化させることで、その内部に抵抗発熱体、導体回路、バイアホールおよびスルーホールが設け

られたセラミック基板の底面に、筒状セラミック体が接合され、上記セラミック基板がホットプレートとして機能するセラミック接合体を製造した。

【0147】（実施例3）以下の工程を実施したほかは、実施例1と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。まず、セラミック基板を直径300mmとし、

（7）の工程において、窒化アルミニウム粉末100重量部、イットリア4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部、アルコール53重量部を混合し、スプレードライ法により顆粒を製造するとともに、導電線と外部端子とをソケットで連結して電力供給線とし、この電力供給線を金型にいれ、顆粒を金型に充填してプレスし、さらに、 $1000\text{ kg/cm}^2$ の圧力で冷間静水圧プレスを行った後、常圧、 $1890^\circ\text{C}$ にて焼結させ、さらに、外形加工して長さ200mm、外径45mmの円柱状の充実体からなるセラミック体とした。また、セラミック基板の底面の中心と、セラミック体とセラミック基板との界面（円）の中心との距離 $L=3\mu\text{m}$ とした。

【0148】（実施例4）以下の工程を実施したほかは、実施例2と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。セラミック基板を直径320mmとし、（6）において、窒化アルミニウム粉末100重量部、イットリア4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部、アルコール53重量部を混合し、スプレードライ法により顆粒を製造するとともに、導電線と外部端子とをソケットで連結して電力供給線とし、この電力供給線を金型にいれ、顆粒を金型に充填してプレスし、さらに、 $1000\text{ kg/cm}^2$ の圧力で冷間静水圧プレスを行った後、常圧、 $1890^\circ\text{C}$ にて焼結させ、さらに、外形加工して長さ200mm、外径45mmの円柱状で充実体のセラミック体とした。また、セラミック基板の底面の中心と、セラミック体とセラミック基板との界面（円）の中心との距離 $L=200\mu\text{m}$ とした。

【0149】（実施例5） $L=10\mu\text{m}$ としたほかは、実施例1と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

（実施例6） $L=50\mu\text{m}$ としたほかは、実施例2と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

【0150】（実施例7） $L=100\mu\text{m}$ としたほかは、実施例3と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

（実施例8） $L=150\mu\text{m}$ としたほかは、実施例4と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

【0151】（試験例1） $L=0\sim 240\mu\text{m}$ に変化させて製造したセラミック接合体を $450^\circ\text{C}$ に昇温した際の、加熱面の最高温度と最低温度との温度差 $\Delta T$ を測定した。その結果を図15に示す。 $L=200\mu\text{m}$ を超え

ると、 $\Delta T$ が大きくなることが理解される。なお、セラミック接合体は、図2～3に示したものと同様に構成されている。

【0152】（比較例1）セラミック基板31と筒状セラミック体37との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板31の底面の中心とが同じ位置となるようにセラミック基板31と筒状セラミック体37を接合した以外は、実施例1と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

10 【0153】（比較例2）セラミック基板31と筒状セラミック体37との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板31の底面の中心との距離 $L$ を $2\mu\text{m}$ とした以外は、実施例1と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

【0154】（比較例3）セラミック基板11と筒状セラミック体17との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板11の底面の中心との距離 $L$ を $2\mu\text{m}$ とした以外は、実施例2と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

20 【0155】（比較例4）セラミック基板31と筒状セラミック体37との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板31の底面の中心との距離 $L$ を $205\mu\text{m}$ とした以外は、実施例1と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

【0156】（比較例5）セラミック基板11と筒状セラミック体17との界面により包囲される円の中心と、セラミック基板11の底面の中心との距離 $L$ を $205\mu\text{m}$ とした以外は、実施例2と同様の方法で、セラミック接合体を製造した。

30 【0157】実施例1～8および比較例1～5に係るセラミック接合体について、以下の評価試験を行った。その結果を下記の表1に示す。

【0158】（1）破壊強度の測定

曲げ強度試験を行い、接合面の破壊強度を測定した。

【0159】（2）ヒートサイクル試験

25℃に保持した後、450℃に加熱する過程を繰り返すヒートサイクル試験を500回行い、筒状セラミック体とセラミック基板との接合部におけるクラックの発生の有無を確認した。なお、発生率50%未満ならクラックは発生しないと判断し、50%以上でクラック発生と判断した。

【0160】（3）配線等の腐食の有無

実施例および比較例に係るセラミック接合体を支持容器に取り付け、 $\text{CF}_4$ ガス雰囲気中で $200^\circ\text{C}$ まで昇温した後における、セラミック接合体の配線等の腐食状態を目視により観察した。なお、筒状セラミック体の内部には、不活性ガスとして、窒素ガスを導入した。

【0161】

【表1】

	破壊強度 (MPa)	ヒートサイクル試験	腐食の有無
実施例1	400	クラック発生せず	無
実施例2	410	クラック発生せず	無
実施例3	440	クラック発生せず	無
実施例4	435	クラック発生せず	無
実施例5	411	クラック発生せず	無
実施例6	405	クラック発生せず	無
実施例7	438	クラック発生せず	無
実施例8	430	クラック発生せず	無
比較例1	320	クラック発生	有
比較例2	300	クラック発生	有
比較例3	285	クラック発生	有
比較例4	320	クラック発生	有
比較例5	300	クラック発生	有

【0162】上記表1に示した結果より明らかなように、実施例1～8に係るセラミック接合体では、破壊強度試験およびヒートサイクル試験のいずれの場合においても、十分に大きな接合強度を有し、また、これらのセラミック接合体の筒状セラミック体内部に配設された配線等は、 $CF_4$  ガスにより腐食されることはなかった。一方、比較例1～5に係るセラミック接合体では、筒状セラミック体とセラミック基板との接合強度が低く、さらに、筒状セラミック体内部に配設された配線等が $CF_4$  ガスにより腐食されていた。これは、円筒状のセラミックと円板状のセラミックとの接合界面において、局所的に熱応力が集中することにより、熱疲労が生じてしまい、クラック等が発生したためであると考えられた。

【0163】（実施例9、10および比較例6、7） $L=3\mu m$ （実施例9）、 $L=200\mu m$ （実施例10）、 $L=0\mu m$ （比較例6）、 $L=205\mu m$ （比較例7）とし、セラミック基板の直径を150mm～350mmに変化させて製造したセラミック接合体の割れの発生率を調べた。この結果を図16に示す。比較例6、7より明らかなように、直径が250mmを超えると割れの発生率が80%近くなり、実用的な耐久性が得られない。一方、実施例9、10では、直径が250mmを超えても、割れの発生率は、低い値を維持したままである。このように、本発明は直径250mm以上のセラミックヒータで生じる耐久性の低下を解消することができるのである。

#### 【0164】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、円筒状や円柱状等からなるセラミック体と円板状のセラミックとの接合界面において、局所的に熱応力が集中することがなく、この部分にクラック等が発生することがないため、十分な気密性を確保することができ、セラミ

ック接合体の信頼性を大幅に向上させることができる。

#### 20 【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は、本発明のセラミック接合体を模式的に示す平面図であり、（b）は、（a）に示したセラミック接合体の断面図である。

【図2】本発明のセラミック接合体の一例であるホットプレートを模式的に示す底面部である。

【図3】図2に示したホットプレートの断面図である。

【図4】図2に示したホットプレートを構成するセラミック基板を模式的に示した部分拡大断面図である。

【図5】本発明のセラミック接合体の一例である静電チャックを構成するセラミック基板を模式的に示す縦断面図である。

【図6】図5に示した静電チャックを構成するセラミック基板を模式的に示した部分拡大断面図である。

【図7】セラミック基板に埋設されている静電電極の一例を模式的に示す水平断面図である。

【図8】セラミック基板に埋設されている静電電極の別の一例を模式的に示す水平断面図である。

【図9】セラミック基板に埋設されている静電電極の更に別の一例を模式的に示す水平断面図である。

40 【図10】（a）～（d）は、本発明のセラミック接合体の一例であるホットプレートの製造方法の一例を模式的に示す断面図である。

【図11】セラミック基板と筒状セラミック体との接合方法の一例を模式的に示す斜視図である。

【図12】本発明のセラミック接合体の一例を示す断面図である。

【図13】本発明のセラミック接合体の一例を示す断面図である。

50 【図14】（a）～（c）は、本発明のセラミック接合体を構成する柱状体の例を示す斜視図である。

【図15】試験例の結果を示すグラフである。

【図16】実施例9、10および比較例6、7の結果を示すグラフである。

【符号の説明】

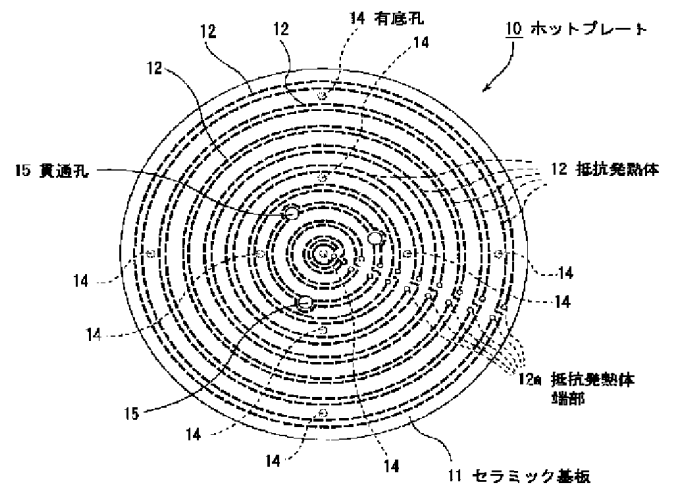
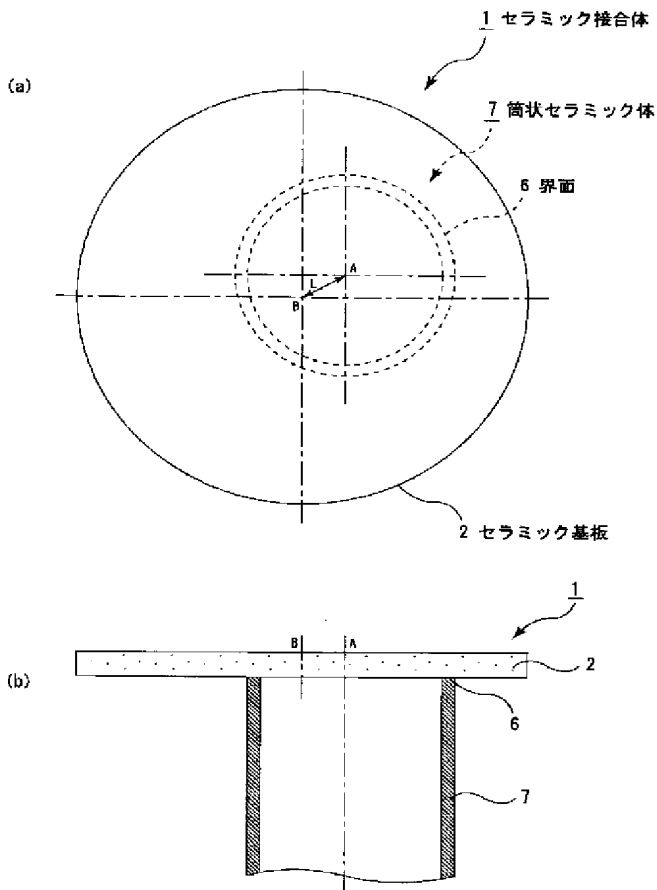
- 10 ホットプレート
- 11 セラミック基板
- 11a 加熱面
- 11b 底面
- 12 抵抗発熱体
- 12a 抵抗発熱体端部

- 13、13' スルーホール
- 14 有底孔
- 15 貫通孔
- 16 界面
- 17 筒状セラミック体
- 18 導体回路
- 19 袋孔
- 130 バイアホール
- 180 測温素子

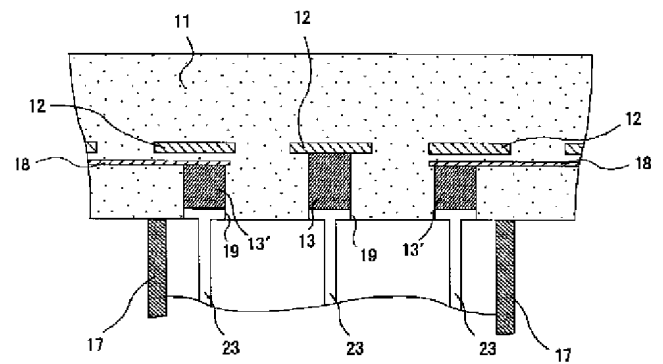
10

【図1】

【図2】

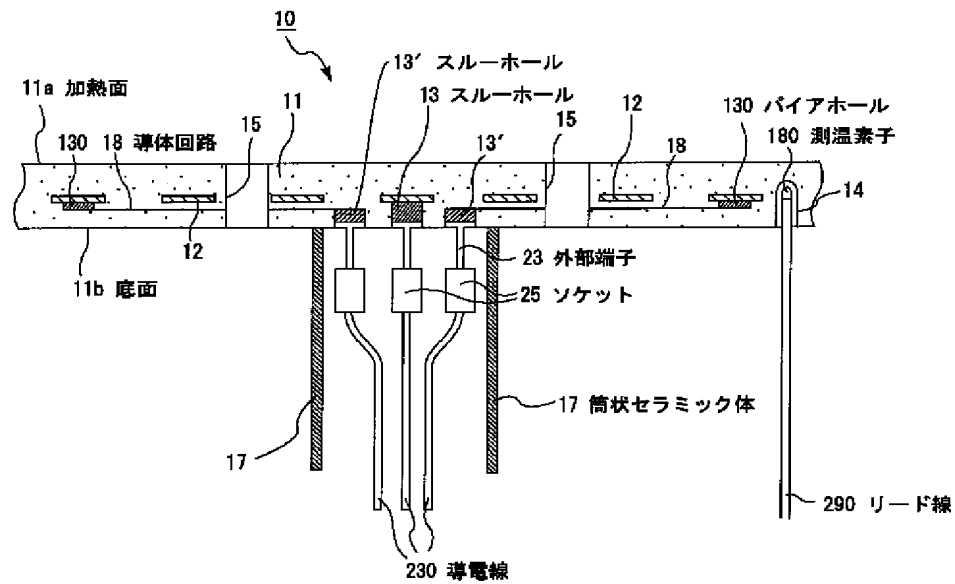


【図4】

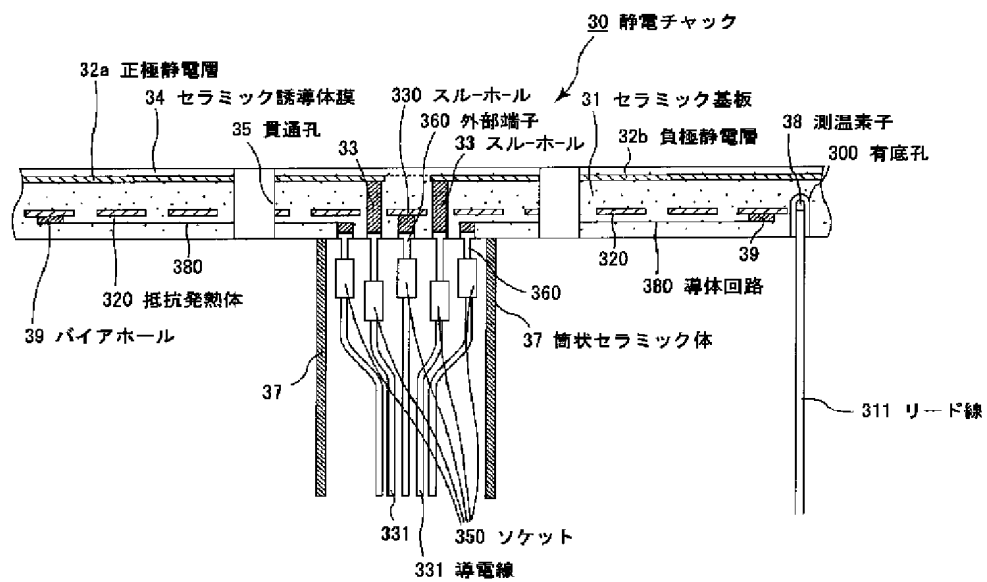




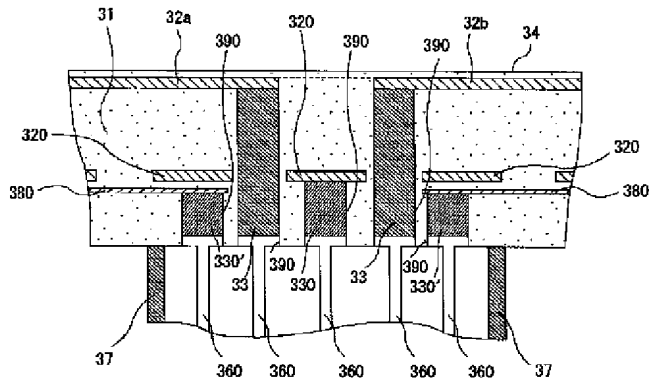
【図 3】



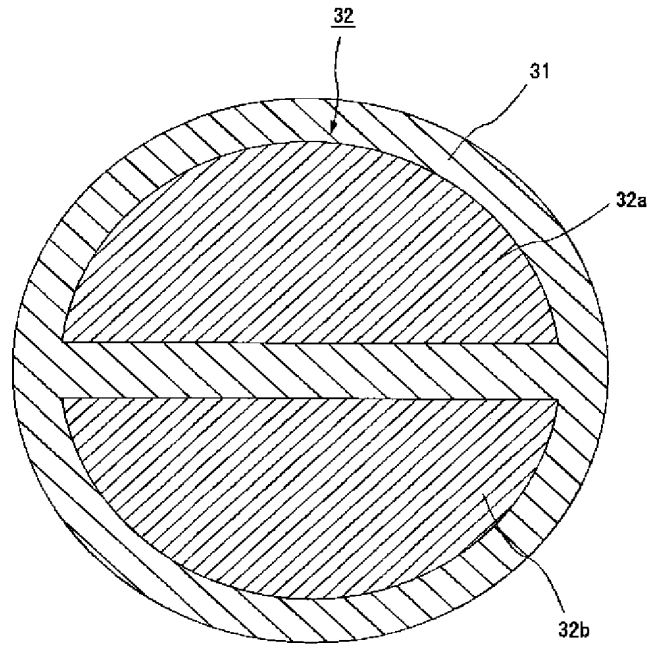
【図 5】



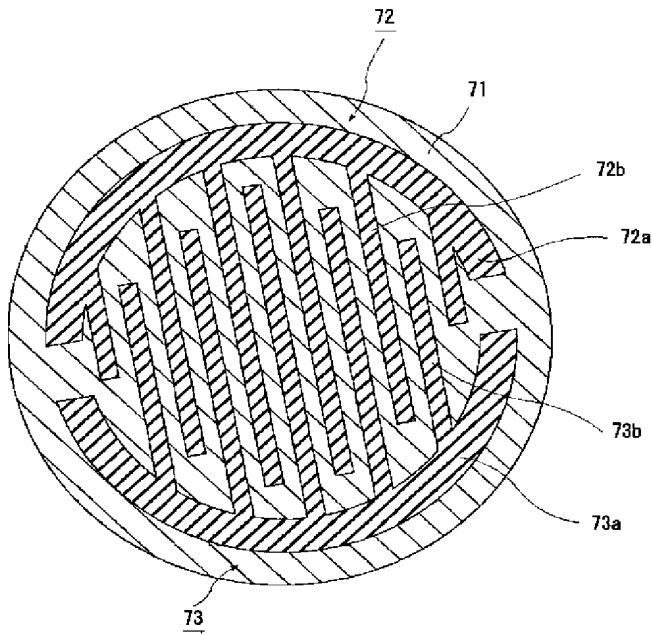
【図 6】



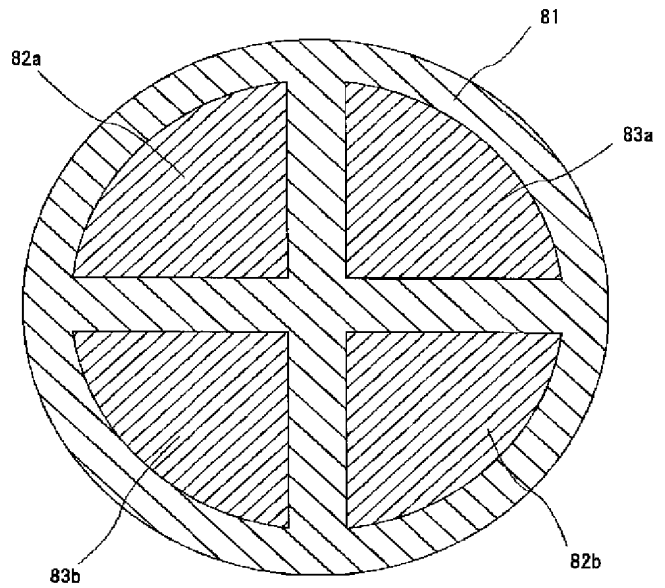
【図 7】



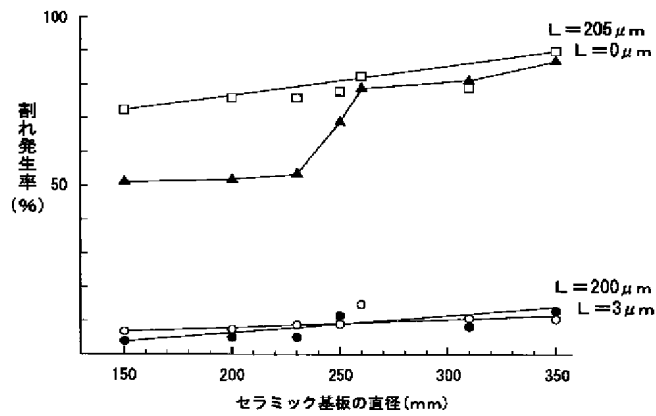
【図 8】



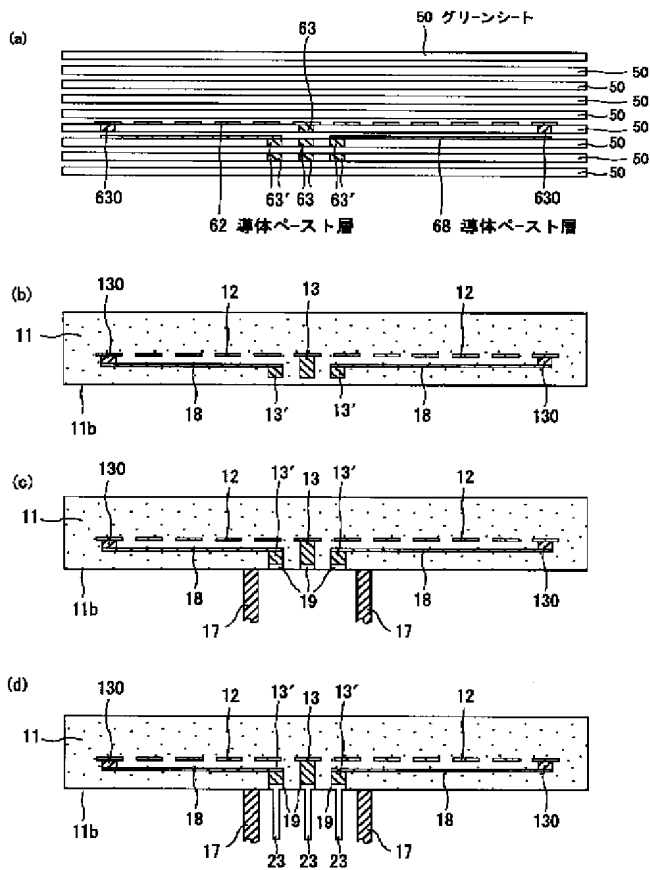
【図 9】



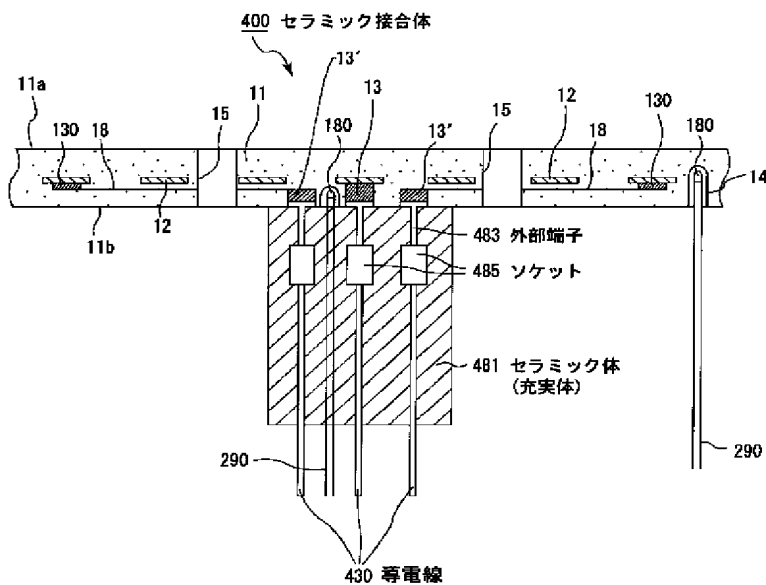
【図 16】



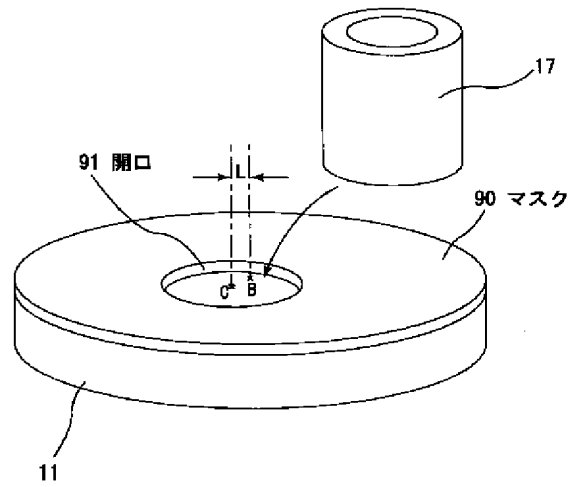
【図 10】



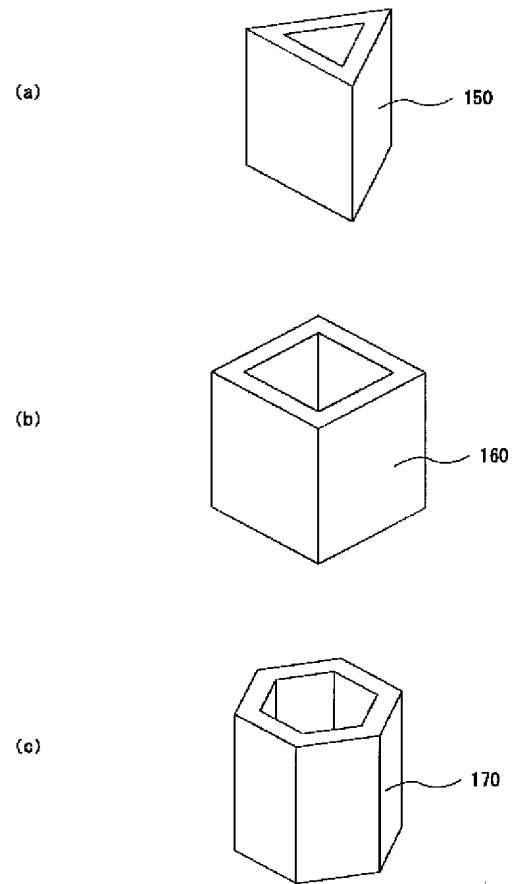
【図 12】



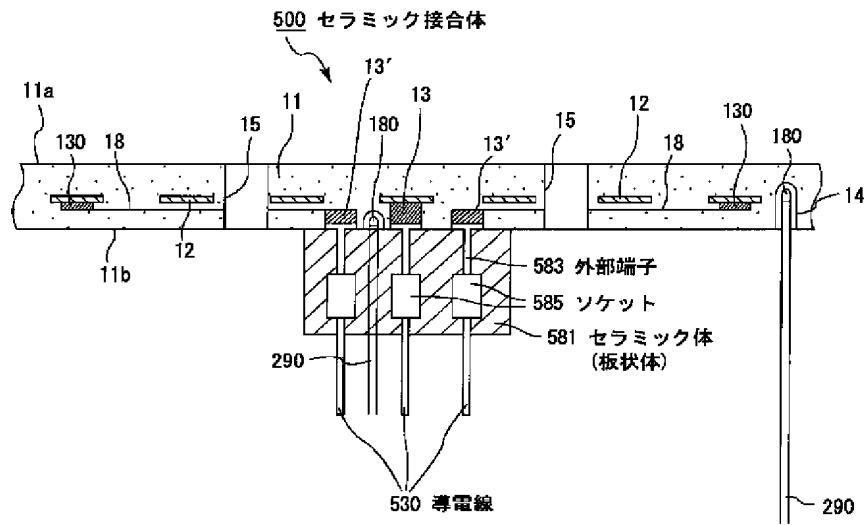
【図 11】



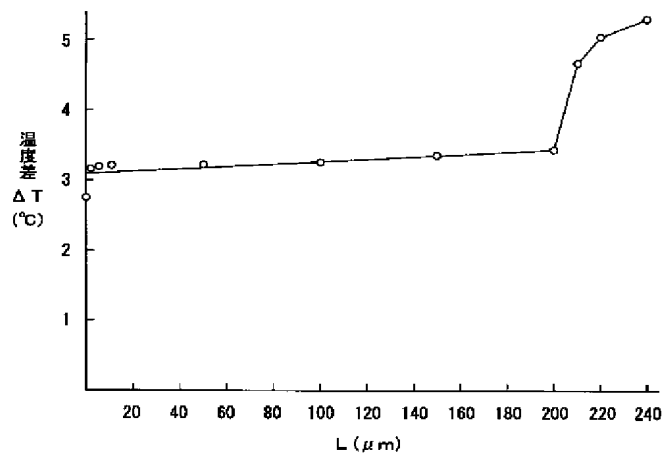
【図 14】



【図 13】



【図 15】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3K092 PP09 QC03 QC07 QC13 QC33  
 QC34 QC44 QC49 RF03 RF11  
 VV09 VV12 VV31  
 4G026 BA16 BB16 BE03 BF06 BH06  
 5F031 CA02 HA02 HA16 HA17 HA33  
 HA37 JA01 JA46